

F5

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-318980

(43) 公開日 平成9年(1997)12月12日

(51) Int. Cl. ⁶
G02F 1/335
G02B 6/12

識別記号

F I
G02F 1/335
G02B 6/12

N
K

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平8-130162

(22) 出願日 平成8年(1996)5月24日

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 遊亀 博

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

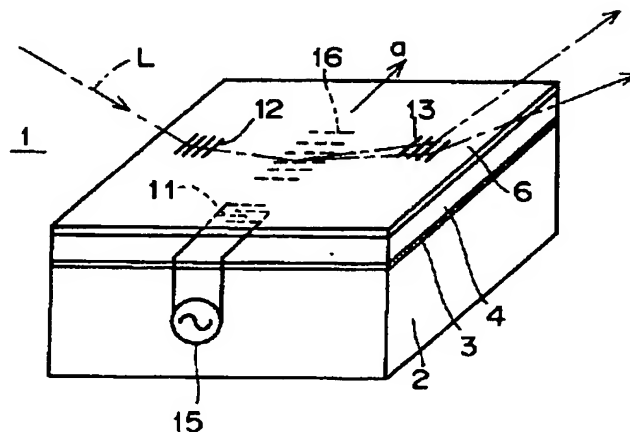
(74) 代理人 弁理士 森下 武一

(54) 【発明の名称】 光導波路素子

(57) 【要約】

【課題】 表面弾性波の伝搬速度が速く、高速走査や高速変調が可能な光導波路素子を得る。

【解決手段】 Si基板2上にSiO₂からなる光学的バッファ層3を介して光導波路としてのダイヤモンド薄膜4が形成されている。ダイヤモンド薄膜4表面の中央部手前寄りにインターデジタルトランスジューサ11が形成されている。ダイヤモンド薄膜4上にはZnOからなる圧電性薄膜6が形成され、この圧電性薄膜6上には左右両側部に入射用グレーティングカブラ12及び出射用グレーティングカブラ13が形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、

前記基板上に積層された、ダイヤモンド薄膜からなる光導波路並びに圧電性薄膜と、

を備えたことを特徴とする光導波路素子。

【請求項 2】 前記圧電性薄膜が ZnO 薄膜であることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路素子。

【請求項 3】 前記基板がガラス基板又は Si 基板であることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光導波路素子、特に、光コンピュータの光スイッチや光変調器、光通信の光スイッチや光分波器や光変調器、レーザビームプリンタ・複写機・レーザディスプレイ・スキャナ等の光偏向器や光変調器等に用いられる光導波路素子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、圧電性薄膜を光導波路として用い、この圧電性薄膜を進行する光ビームを圧電性薄膜を伝搬する表面弾性波と音響光学相互作用（ブラッグ回折）させることによって偏向や変調させる音響光導波路素子が種々提案されている。

【0003】ところで、表面弾性波フィルタにダイヤモンド薄膜を利用し、インターデジタルトランスジューサの電極指の幅を大きくして加工を容易にしたものが提案されている（例えば、特開平 8 - 8 6 8 6 号公報参照）。しかしながら、光導波路は有しておらず、光導波路素子に適したものではなかった。

【0004】一方、光導波路素子として、従来より、 Ti を拡散して導波路とした $LiNbO_3$ 基板が知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の光導波路素子にあっては、表面弾性波の伝搬速度が遅く、極めて高速の走査を必要とするレーザディスプレイ等には利用することができなかった。また、近年、複写機等についても高速化が進み、特にデジタル複写機やカラー複写機は高速走査が要求されており、従来の光導波路素子ではこれらの要求に応じることが困難になってきた。

【0006】そこで、本発明の目的は、表面弾性波の伝搬速度が速く、高速走査や高速変調が可能な光導波路素子を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】以上の目的を達成するため、本発明に係る光導波路素子は、（a）基板と、

（b）前記基板上に積層された、ダイヤモンド薄膜からなる光導波路並びに圧電性薄膜と、を備えたことを特徴とする。ここに、圧電性薄膜として、例えば ZnO 薄膜等が用いられ、基板としてガラス基板や Si 基板等が用

いられる。

【0008】

【作用】以上の構成により、ダイヤモンド薄膜は極めて弾性率が高いため、ダイヤモンド薄膜を進行する表面弾性波の伝搬速度は極めて速い。そして、ダイヤモンド薄膜を進行する光が、この表面弾性波と音響光学相互作用（ブラッグ回折）することによって高速の光偏向や光変調が行なわれる。

【0009】

10 【発明の実施の形態】以下、本発明に係る光導波路素子の実施形態について添付図面を参照して説明する。

【0010】【第 1 実施形態、図 1 及び図 2】図 1 に示すように、光偏向素子 1 は、 Si 基板 2 と光学的バッファ層 3 とダイヤモンド薄膜 4 と圧電性薄膜 6 の積層体構造を有している。

【0011】 Si 基板 2 の屈折率は約 3.5 であり、ダイヤモンド薄膜 4 の屈折率（約 2.4）より高いので、 Si 基板 2 上に直接にダイヤモンド薄膜 4 を形成しても、ダイヤモンド薄膜 4 は光導波路として利用することができない。光がダイヤモンド薄膜 4 から Si 基板 2 側に透過するからである。そのため、屈折率がダイヤモンド薄膜 4 より低い光学的バッファ層 3 を設けて導波光 L をダイヤモンド薄膜 4 内に閉じ込めている。光学的バッファ層 3 は、第 1 実施形態の場合、屈折率が約 1.5 の SiO_2 薄膜からなり、 Si 基板 2 上に熱酸化法等の方法により形成される。ただし、光学的バッファ層 3 はスパッタリング法、CVD 法等の方法により形成してもよい。

【0012】光学的バッファ層 3 の膜厚は、単一モードの光が導波できる範囲であれば、薄い方が製作上望ましい。導波光 L の導波損失は、光学的バッファ層 3 の膜厚が所定の膜厚より薄くなると急激に増大するが、その膜厚は導波光 L の波長及びモード、ダイヤモンド薄膜 4 の膜厚、基板 2 とダイヤモンド薄膜 4 と光学的バッファ層 3 のそれぞれの屈折率に依存している。

【0013】この光学的バッファ層 3 上に、例えばレーザアブレーション法、スパッタリング法、真空蒸着法、CVD 法、ゾルゲル法等の方法によりダイヤモンド薄膜 4 が形成される。ダイヤモンド薄膜 4 の膜厚は、光導波路として光を導波できるモードが存在する範囲であれば、できるだけ薄い方が製作上都合が良い。

【0014】ダイヤモンド薄膜 4 上には、図 1 上中央部手前寄りにトランスジューサの櫛歯状電極 11 が、フォトリソグラフィ法やリフトオフ法やエッチング法や電子線描画法等の方法により A1 等にて形成されている。櫛歯状電極 11 は、高周波信号発生器 15 で発生した高周波電気信号を表面弾性波に変換するためのものである。次に、ダイヤモンド薄膜 4 上にスパッタリング法、真空蒸着法、レーザアブレーション法、CVD 法、ゾルゲル法等により圧電性薄膜 6 が形成される。圧電性薄膜 6

の材料としては、具体的には ZnO や $LiNbO_3$ 等が用いられる。第 1 実施形態では圧電性薄膜 6 の材料として ZnO を用いた。

【0015】さらに、圧電性薄膜 6 上の図 1 上左右両側部に入射用グレーティングカブラ 1 2 及び出射用グレーティングカブラ 1 3 が配設されている。入射用グレーティングカブラ 1 2 は光源から放射された光ビーム L を光導波路であるダイヤモンド薄膜 4 に入射させるためのものである。出射用グレーティングカブラ 1 3 はダイヤモンド薄膜 4 を進行する導波光 L を外部に出射するためのものである。これらグレーティングカブラ 1 2, 1 3 は、それぞれ一定のピッチで設けられており、その材料としては例えば圧電性薄膜 6 と同様の材料が使用される。グレーティングカブラ 1 2, 1 3 は電子線描画法、フォトリソグラフィ法、二光束干渉法等の方法により形成される。

【0016】次に、以上の構成からなる光偏向素子 1 の作用効果について説明する。トランスジューサ 1 1 は、高周波信号発生器 1 5 で発生した高周波信号が印加されると、圧電性薄膜 6 に表面弾性波 1 6 を励起せしめる。この表面弾性波 1 6 は、圧電性薄膜 6 と一体的に積層体を形成しているダイヤモンド薄膜 4 を、図中矢印 a 方向に伝搬する。高周波信号発生器 1 5 は、例えば VCO (電圧制御発振器) 等が用いられる。

【0017】ところで、ダイヤモンド薄膜 4 は極めて弾性率が高いため、ダイヤモンド薄膜 4 を伝搬する表面弾性波 1 6 の伝搬速度は約 10000 m/s である。これに対して、例えば $LiNbO_3$ 基板に Ti を拡散して導波路とした従来の光偏向素子の場合は表面弾性波の伝搬速度は約 5000 m/s であり、第 1 実施形態の光偏向素子 1 の表面弾性波 1 6 の伝搬速度の $1/2$ と遅い。

【0018】一方、図示しない光源からの入射光 L は、入射用グレーティングカブラ 1 2 によってダイヤモンド薄膜 4 に入射された後、ダイヤモンド薄膜 4 を進行する。そして、図 2 に示すように、ダイヤモンド薄膜 4 を進行する導波光 L は、矢印 a 方向に進行する 1 周期毎の波面を表示した波長 Λ の表面弾性波 1 6 と交差する。その交差角を θ 、導波光 L の波長を λ とすると、

$$\theta = \sin^{-1} (\lambda / 2\Lambda)$$

の条件を満足するとき、音響光学効果によるブラッグ回折現象が起き、導波光 L は回折され、偏向される。偏向された導波光 L は、出射用グレーティングカブラ 1 3 によって外部へ出射される。そして、トランスジューサ 1 1 に印加する高周波信号の周波数を変化させてダイヤモンド薄膜 4 を伝搬する表面弾性波 1 6 の波長を変え、ダイヤモンド薄膜 4 を進行する導波光 L の偏向角度を高速かつ高精度で制御することにより、導波光 L の出射角度を制御する。

【0019】この結果、表面弾性波 1 6 の伝搬速度が速く、走査スピードの速い光偏向素子 1 を得ることができ

る。また、ダイヤモンド薄膜 4 は、熱伝導性が良いので、トランスジューサ 1 1 等で発生した熱を効率良く放熱することができ、熱ストレスによるトランスジューサ 1 1 の劣化を抑えることができる。さらに、ダイヤモンド薄膜 4 は硬度が高いので外部からの機械的ストレスに対して優れている。また、ダイヤモンド薄膜 4 は ZnO 薄膜や $LiNbO_3$ 薄膜よりも光の透過域が広く (波長が $0.25\text{ }\mu\text{m} \sim 80\text{ }\mu\text{m}$ の光を透過する)、多くの種類の光源に対応することができ、例えばスペクトルアナライザ等への応用の際に有利である。

【0020】〔第 2 実施形態、図 3〕図 3 に示すように、光偏向素子 2 1 は、ガラス基板 2 2 とダイヤモンド薄膜 2 3 と圧電性薄膜 2 4 の積層体構造を有している。ガラス基板 2 2 の屈折率は約 1.5 であり、光導波路としてのダイヤモンド薄膜 2 3 の屈折率 (約 2.4) より低いので、ガラス基板 2 2 上に直接にダイヤモンド薄膜 2 3 を形成しても、導波光がダイヤモンド薄膜 2 3 からガラス基板 2 2 側に透過しにくい。従って、第 2 実施形態の場合、第 1 実施形態と異なり、光学的バッファ層を設けることなく、ダイヤモンド薄膜 2 3 はガラス基板 2 2 上に直接に形成されている。このダイヤモンド薄膜 2 3 表面の図 3 上中央部手前寄りにインターデジタルトランスジューサ 2 7 が形成されている。ダイヤモンド薄膜 2 3 上には圧電性薄膜 2 4 がトランスジューサ 2 7 を覆った状態で形成されている。

【0021】第 2 実施形態の場合、具体的には、ガラス基板 2 2 は厚さが 0.5 mm 、ダイヤモンド薄膜 2 3 は厚さが $1\text{ }\mu\text{m}$ 、圧電性薄膜 2 4 は膜厚が $0.5\text{ }\mu\text{m}$ の ZnO 薄膜とした。以上の構成からなる光偏向素子 2 1 は、前記第 1 実施形態の光偏向素子 1 と同様の作用効果を奏する。

【0022】〔第 3 実施形態、図 4〕図 4 に示すように、光偏向素子 3 1 は、ガラス基板 3 2 とダイヤモンド薄膜 3 3 と圧電性薄膜 3 5 の積層体構造を有している。光導波路としてのダイヤモンド薄膜 3 3 はガラス基板 3 2 上に直接に形成され、このダイヤモンド薄膜 3 3 表面の図 4 上中央部手前寄りにインターデジタルトランスジューサ 3 7 が形成されている。さらに、ダイヤモンド薄膜 3 3 の表面の図 4 上左右両側部に入射用グレーティングカブラ 3 8 及び出射用グレーティングカブラ 3 9 が配設されている。ダイヤモンド薄膜 3 3 上の中央部手前よりには、マスク蒸着法、マスクスパッタリング法、マスク CVD 法等の方法により圧電性薄膜 3 5 がトランスジューサを覆った状態で形成されている。

【0023】以上の構成からなる光偏向素子 3 1 は、前記第 1 実施形態の光偏向素子 1 と同様の作用効果を奏すると共に、圧電性薄膜 3 5 を表面弾性波が発振される部分に限定して設けているので、材料コストを削減することができると共に、入射用グレーティングカブラ 3 8, 3 9 の加工が容易になる。

【0024】〔第4実施形態、図5〕図5に示すように、光偏向素子41は、Si基板42と光学的バッファ層43とダイヤモンド薄膜44と圧電性薄膜46の積層体構造を有している。光導波路としてのダイヤモンド薄膜44は、SiO₂からなる光学的バッファ層43を介してSi基板42上に形成され、このダイヤモンド薄膜44表面の図5上中央部手前寄りにインターデジタルトランスジューサ51が形成されている。ダイヤモンド薄膜44上の中央部手前寄りにはZnOからなる圧電性薄膜46がトランスジューサ51を覆った状態で形成されている。

【0025】以上の構成からなる光偏向素子41と光源52と入力レンズ系53と出力レンズ系54とで非機械式走査光学系が構成される。光源52から放射された光ビームLは入力レンズ系53を介してダイヤモンド薄膜44の図5上左側の端面に集光されて、いわゆる端面結合する。光ビームLはダイヤモンド薄膜44を進行し、ダイヤモンド薄膜44を伝搬する表面弾性波と音響光学相互作用することによって偏向させられた後、ダイヤモンド薄膜44の図5上右側の端面から出射する。出射したビームLは走査方向に対して垂直な方向に屈折力を有する出力レンズ系54を介して集光される。

【0026】〔第5実施形態、図6〕図6に示すように、光偏向素子61は、前記第1実施形態の光偏向素子1と同様の積層体構造を有している。すなわち、光偏向素子61は、Si基板62と光学的バッファ層63とダイヤモンド薄膜64と圧電性薄膜66にて構成されている。インターデジタルトランスジューサ71はダイヤモンド薄膜64上の図6上左側部手前寄りに形成されており、圧電性薄膜66にて覆われている。入射用グレーティングカブラ72は圧電性薄膜66上の図6上右側部手前寄りに設けられている。以上の構成からなる光偏向素子61は前記第1実施形態の光偏向素子1と同様の作用効果を奏する。

【0027】この光偏向素子61を用いてレンズ系78及び感光体79と共に光プリンタを構成した場合における光偏向素子61の作用効果を説明する。トランスジューサ71は、高周波信号発生器15で発生した高周波信号が印加されると、圧電性薄膜66に表面弾性波76を励起せしめる。この表面弾性波76は圧電性薄膜66と一体的に積層体形成しているダイヤモンド薄膜64を図中矢印a方向に極めて速い速度で伝搬し、導波光Lを横切る。この導波光Lを横切る時間が1ラインの走査に要する最低時間となる。表面弾性波76と音響光学相互作用することによって偏向させられた導波光Lは、ダイヤモンド薄膜64の左側の端面から出射し、レンズ系78を介して感光体79に照射される。こうして高速走査が可能な光プリンタを得ることができる。

【0028】〔第6実施形態、図7〕図7に示すように、光偏向素子81は、Si基板82と、圧電性薄膜8

3とダイヤモンド薄膜84の積層体構造を有している。圧電性薄膜83は、Si基板82上に直接に形成され、この圧電性薄膜83表面の中央部手前寄りにインターデジタルトランスジューサ91が形成されている。第6実施形態では圧電性薄膜83の材料としてはZnOを用いた。

【0029】この圧電性薄膜83上に光導波路としてのダイヤモンド薄膜84が形成されている。ZnOからなる圧電性薄膜83の屈折率は約2.0であり、ダイヤモンド薄膜84の屈折率(約2.4)より低いので、圧電性薄膜83上に直接にダイヤモンド薄膜84を形成しても、ダイヤモンド薄膜84は光導波路として利用できる。さらに、ダイヤモンド薄膜84を表面の図7上左右両側部に入射用グレーティングカブラ92及び出射用グレーティングカブラ93が配設されている。

【0030】以上の構成からなる光偏向素子81は、前記第1実施形態の光偏向素子1と同様の作用効果を奏する。

【0031】〔他の実施形態〕なお、本発明に係る光導波路素子は前記実施形態に限定するものではなく、その要旨の範囲内で種々に変更することができる。光導波路素子は、前記実施形態のように光プリンタに利用される他に、ヘッドマウントディスプレイや走査型レーザ顕微鏡や光メモリの書込み/読出し用、レーザディスプレイ、あるいは、光コンピュータの光スイッチや光変調器、光通信の光スイッチや光分波器や光変調器等にも利用することができる。

【0032】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明によれば、基板上にダイヤモンド薄膜からなる光導波路と圧電性薄膜とを積層したので、ダイヤモンド薄膜を進行する光が、ダイヤモンド薄膜を極めて速く伝搬する表面弾性波と音響光学相互作用して、走査スピードが速い光偏向素子や変調スピードが速い光変調素子等を得ることができる。そして、ダイヤモンド薄膜は熱伝導性が高いため、トランスジューサ等で発生した熱を効率良く放熱することができ、熱ストレスによるトランスジューサ等の劣化を抑えることができる。さらに、ダイヤモンド薄膜は硬度が高いため、外部からの機械的ストレスに対して優れている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光導波路素子の第1実施形態を示す斜視図。

【図2】ブラッグ回折現象を示す説明図。

【図3】本発明に係る光導波路素子の第2実施形態を示す斜視図。

【図4】本発明に係る光導波路素子の第3実施形態を示す斜視図。

【図5】本発明に係る光導波路素子の第4実施形態を示す斜視図。

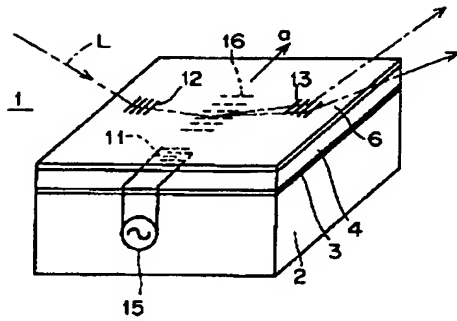
【図 6】 本発明に係る光導波路素子の第 5 実施形態を示す斜視図。

【図 7】 本発明に係る光導波路素子の第 6 実施形態を示す斜視図。

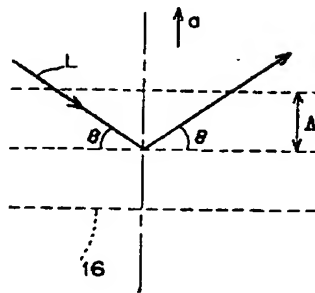
【符号の説明】

1, 21, 31, 41, 61, 81…光偏向素子
2, 22, 32, 42, 62, 82…基板
4, 23, 33, 44, 64, 84…ダイヤモンド薄膜
6, 24, 35, 46, 66, 83…圧電性薄膜

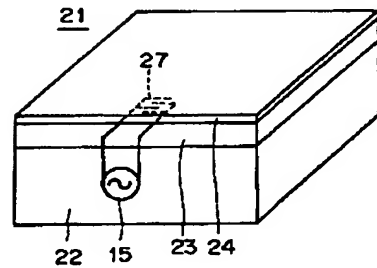
【図 1】



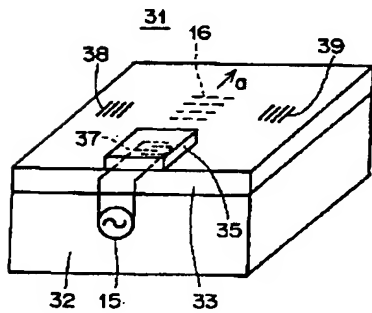
【図 2】



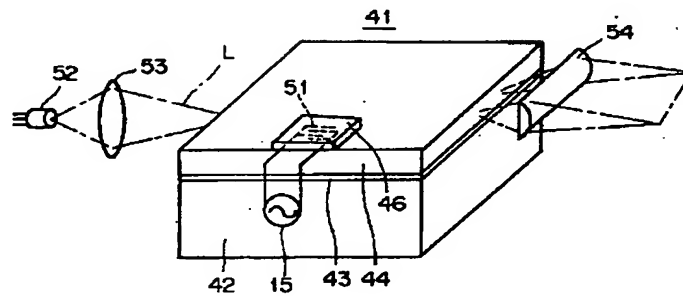
【図 3】



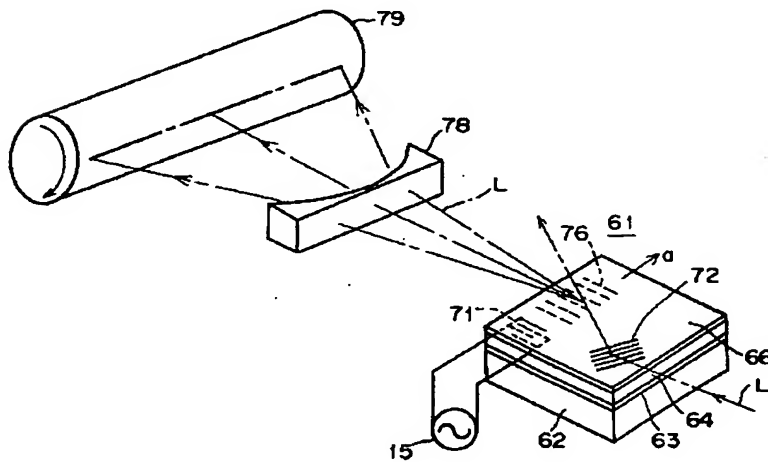
【図 4】



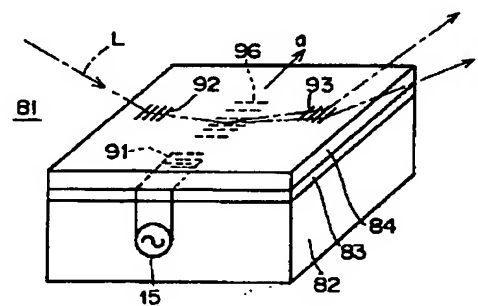
【図 5】



【図 6】



【図 7】





PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09318980 A**(43) Date of publication of application: **12.12.97**

(51) Int. Cl.

G02F 1/335
G02B 6/12
(21) Application number: **08130162**(71) Applicant: **MINOLTA CO LTD**(22) Date of filing: **24.05.96**(72) Inventor: **YUGAME HIROSHI****(54) OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENT****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optical waveguide element which is high in the propagation speed of surface acoustic waves and is high in high-speed scanning and with which high-speed modulation is possible.

SOLUTION: A diamond thin-film 4 as an optical waveguide is formed via an optical buffer layer 3 consisting of SiO_2 on an Si substrate 2. An interdigital transducer 11 is formed near the central part of the surface of the diamond thin film 4. A piezoelectric thin film 6 consisting of ZnO is formed on the diamond thin film 4. Grating couplers 12 for incidence and grating couplers 13 for exit are formed on both right and left sides of this piezoelectric thin film 6.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

